4Н

УДК 519.876.2:336

Т.В. Нескородева
Донецкий национальный университет МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
Украина, 83001, г. Донецк, ул. Университетская, 24

Численное исследование СППР «Аудит»

T.V. Neskorodeva
Donetsk National University MES and NAS of Ukraine, Donetsk
Ukraine, 83001 Donetsk, University st., 24

Numerical Study of DSS «Audit»

Т.В. Нескородєва
Донецький національний університет МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Університетська, 24

Чисельне дослідження СППР «Аудит»

В статье описывается методика и результаты численного исследования СППР «Аудит» при анализе деятельности производственного предприятия с помощью имитационного моделирования по стохастическим моделям, которые используются для наполнения базы знаний информационной технологии системы. Подтверждена сходимость (в среднестатистическом смысле) расчетов по многовариантным моделям и качество оценок, точность которых удовлетворяет стандартам аудита.
Ключевые слова: стохастические модели, база знаний, аудит, СППР.

The paper describes the methodology and results of numerical studies of DSS "Audit" in the analysis of the industrial enterprise with stochastic simulation of models that are used to fill the knowledge base of information technology systems. Confirmed by the convergence (in an average sense) multivariate model calculations and the quality of evaluations, the accuracy of which meets the standards of the audit.
Key words: stochastic models, the knowledge base, audit, decision support systems (DSS).

У статті описується методика і результати чисельного дослідження СППР «Аудит» при аналізі діяльності виробничого підприємства за допомогою імітаційного моделювання за стохастичними моделями, які використовуються для наповнення бази знань інформаційної технології системи. Підтверджено збіжність (в середньостатистичному сенсі) розрахунків за багатоваріантними моделями і якість оцінок, точність яких задовольняє стандартам аудиту.
Ключові слова: стохастичні моделі, база знань, аудит, СППР.

Введение

В развитии аудита является актуальной разработка многовариантных моделей анализа показателей учета и отчетности для наполнения базы знаний систем поддержки принятия решений (СППР) в аудите.

В [1] доказано, что множество анализируемых показателей деятельности предприятия адекватно описывается с применением модели винеровского поля. В работах [1-4] были разработаны стохастические модели оценивания таких показателей от их реализаций на подмножествах анализа. В [5] предложена технология поливариантного анализа деятельности предприятия в рамках СППР «Аудит», которая реализует технологию вертикального (по периодам) и горизонтального (по показателям) анализа и принятия решений как итеративную процедуру, подчиненную выявлению несоответ-

ствия показателей на каждом уровне проверки и в отличие от существующих методов позволяет осуществлять комбинированный (вертикальный и горизонтальный) анализ. Предложенная технология базируется на стохастических моделях оценивания экономических показателей по наблюдениям на множествах выборочной проверки.

Целью данной работы является оценка работоспособности и качества стохастических моделей информационной технологии СППР «Аудит».

Постановка задачи. Выполнить численное исследование стохастических моделей базы знаний СППР «Аудит» при анализе деятельности производственного предприятия с помощью имитационного моделирования. Численное исследование включает: оценку сходимости оценок (в среднестатистическом смысле) при варьировании значений показателей оценивания; сопоставление результатов расчетов по различным моделям и определения качества моделей.

Решение задачи. Использование разработанных моделей [1-4] предполагает оценивание показателей на трех уровнях учета для различных вариантов подмножеств анализа при условии, что множество проверяемых показателей адекватно описывается моделью винеровского поля, а также наличие априорной информации о параметрах распределений показателей и их приращений и их геометрическое представление. Поэтому для проведения численного исследования расчетов по моделям согласно функциональной структуре информационной технологии СППР «Аудит» [5] необходимо осуществить:

– выбор области проверки (совокупности показателей и периода);

– статистический анализ показателей;

– построение геометрического представления параметров анализируемых показателей;

– имитационное моделирование и оценивание по моделям;

– анализ результатов численного исследования.

Как правило, работа аудитора начинается с оценки достоверности экономических показателей финансовой отчетности за истекший плановый период – год. Что соответствует функциональным задачам третьего уровня разработанной системы управления. Выбор области проверки на третьем уровне, в качестве примера, представлен четырьмя показателями.

На третьем уровне осуществлялся анализ показателей результатов деятельности за год с периодом квантования месяц:

$$Y_3 = (SS(t_j), SP(t_j), OP(t_j), RK(t_j), j = \overline{1,12}),$$

где SS – себестоимость реализованной продукции,

SP – валовой доход,

OP – отчисления от дохода,

RK – расходов по краткосрочным кредитам,

t_j – период квантования.

Сформулируем основные теоретические положения, на основании которых осуществляется имитационное моделирование.

Определение. Случайный процесс $w(t)$, принимающий значения в пространстве R^1, называется винеровским, если выполняются следующие условия:

1) $w(0) = 0$ (с вероятностью $P = 1$),

2) процесс $w(t)$ является процессом с независимыми приращениями,

3) для $\forall \ t \geq 0, \Delta t \geq 0$ приращения $w(t+\Delta t) - w(t)$ имеют нормальное распределение $N(0, \sigma^2 \Delta t)$:

$$P\{w(t+\Delta t) - w(t) < x\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 \Delta t}} \int_{-\infty}^{x} \exp(-y^2 / 2\sigma^2 \Delta t) dy, \ x \in R^1.$$

Свойства винеровского процесса:

1. Корреляционная функция винеровского процесса имеет вид:

$$R(t_1, t_2) = \sigma^2 \min(t_1, t_2).$$

2. Обобщением винеровского процесса на случай двумерной области параметров является двухпараметрический винеровский процесс $w(t, y, \omega), R_2^+ \times \Omega \to \Re \subset R_1$, который представляет собой гауссовский центрированный случайный процесс с корреляционной функцией: $R(t_1, t_2, y_1, y_2) = \min(t_1, t_2) \min(y_1, y_2)$.

3. Срезы винеровского поля по переменным t и y являются винеровскими процессами.

Статистический анализ показателей осуществлялся на основании статистических данных за пять лет с интервалом квантования месяц. Выполнялась проверка статистических гипотез относительно законов распределений приращений показателей, вычислялись оценки их дисперсий и математического ожидания (табл. 1).

Таблица 1 – Параметры законов распределений случайных функций (третий уровень)

Параметры / Вид показателя	k, вид показателя	MRz_k	$\sigma \Delta Rz_k$
Себестоимость реализованной продукции *SS*	1	23815,74	83,23
Отчисления от дохода *OP*	2	4380,21	56,87
Расходы по краткосрочным кредитам *RK*	3	395,54	25,69
Валовой доход *SP*	4	27375,06	94,43

Для геометрического представления параметров анализируемых показателей на основании полученных значений дисперсий приращений показателей (ДПП) по оси абсцисс откладывались номера периодов квантования, по оси ординат – значения ДПП (уровни). На отложенных уровнях проводились прямые, параллельные осям координат. Точки пересечения (узлы) полученной сетки обладают следующим свойством: произведение их координат равно дисперсиям показателей (ДП) за соответствующие периоды квантования.

Согласно этому свойству каждому узлу ставилось в соответствие значение показателя за период, равный абсциссе узла, и ДПП, равной ординате узла. Математическое ожидание показателей согласно выбранной модели винеровского процесса [1], равно их значениям в начальный момент t_0. В соответствии с этим в качестве оценок математических ожиданий показателей (табл. 1) были взяты их значения в начальный момент t_0. В качестве начального момента t_0 был выбран декабрь предыдущего года

(согласно стандартам аудита показатели за период, предшествующий периоду проверки, считаются достоверными). При имитационном моделировании осуществлялось центрирование показателей за интервалы квантования относительно математического ожидания.

Для анализа показателей результатов деятельности за год осуществлялась оценка значений показателя отчисления от дохода $OP(t_j)$ в зависимости от остальных показателей. Для выбора показателей, по значениям которых будет выполняться оценка отчислений от дохода $OP(t_j)$, на сетке параметров строилась кривая, имеющая вид криволинейного прямоугольного треугольника ABC (гипотенуза BC – ступенчатая кривая, рис. 1), удовлетворяющая условиям теоремы 1 [1].

При имитационном моделировании значения показателей варианта «сужения» являются исходными для оценки «ненаблюдаемых» значений показателей, параметры которых лежат внутри треугольника.

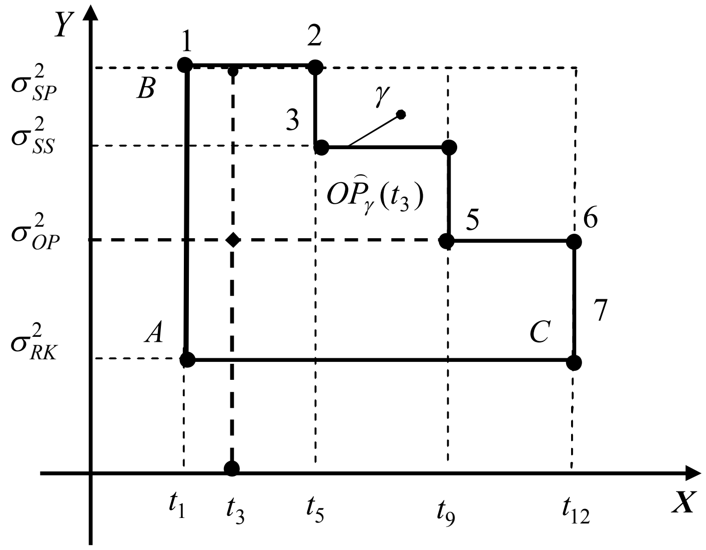


Рисунок 1 – Представление первого варианта сужения на плоскости параметров анализируемых показателей

В качестве примера рассматривается оценивание значения «ненаблюдаемого» показателя отчислений от дохода за март (построение оценки $\widehat{OP}_\gamma(t_3)$ для $OP(t_3)$, где γ – треугольник ABC). Модель (1) из [1] для выбранных показателей анализа и построенного варианта сужения имеет следующий вид (равенство выполняется с вероятностью $P=1$):

$$\widehat{OP}_\gamma(t_3) = OP'(t_1) + RK'(t_3) - RK'(t_1) +$$

$$+\frac{\sigma^2_{OP} - \sigma^2_{RK}}{\sigma^2_{SP} - \sigma^2_{RK}}(SP'(t_3) - SP'(t_1) - RK'(t_3) + RK'(t_1)) -$$

$$-\frac{t_3 - t_1}{t_9 - t_1}(OP'(t_9) - OP'(t_1) - RK'(t_9) + RK'(t_1)) + \qquad (1)$$

$$+(t_3-t_1)(\sigma_{OP}^2-\sigma_{RK}^2)\left\{\frac{(SS'(t_9)-SS'(t_1)-RK'(t_9)+RK'(t_1))}{(t_9-t_1)(\sigma_{SS}^2-\sigma_{RK}^2)}+\right.$$

$$\left.-\frac{(SS'(t_5)-SS'(t_1)-RK'(t_5)+RK'(t_1))}{(t_5-t_1)(\sigma_{SS}^2-\sigma_{RK}^2)}+\frac{(SP'(t_5)-SP'(t_1)-RK'(t_5)+RK'(t_1))}{(t_5-t_1)(\sigma_{SP}^2-\sigma_{RK}^2)}\right\},$$

где

$$\widehat{OP}_\gamma(t_3)=M\{OP(t_3)\,|\,(SS(t_j),SP(t_j),OP(t_j),RK(t_j)),(t_j,\sigma^2)\in\gamma\}.$$

Согласно периодам «наблюдаемых» значений показателей, ДПП и модели оценивания (1), осуществлялась генерация центрированных показателей варианта «сужения» Y_γ (γ – треугольник ABC): $RK'(t_j), j=1,3,5, OP'(t_i),\ i=1,9,12,\ SP'(t_l), l=1,3,5,$ $SS'(t_s), s=1,5,9$, распределенных по нормальному закону. Оценками решений $YPR=\widehat{OP}(t_3)$ по модели (1), которые соответствуют конкретным параметрам распределений сужения Y_γ , выступают статистические моменты по ансамблю реализаций:

$$MYPR=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}YPR^i,\quad DYPR=\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(YPR^i-MYPR)^2.$$

Для оценки сходимости расчетов по модели (1) проверялось выполнение условия:

$$P(|z(YPR)|\ge 1{,}96)=0{,}05,$$

где $z(YPR)=\dfrac{YPR-MYPR}{\sqrt{DYPR}}$.

Для оценки точности расчетов по модели (1) вычислялись относительные ошибки прогноза по моделям по формуле:

$$d(YPR)=\frac{|YPR-Y|}{Y}\cdot 100\%.$$

Результаты оценивания показателя $OP(t_3)$ по модели (1) по тридцати ансамблям реализаций, каждая из которых содержит 100 реализаций входных показателей варианта «сужения», приведены в табл. 2 (столбец 3) с оценкой среднего в последней строке и соответствующей ошибки оценивания по модели, приведенной в столбце 7 табл. 2. Аналогично были построены еще 3 варианта «сужений» множества проверяемых показателей и выбраны соответствующие модели оценивания [1], [3], [4]. Таким образом, объем имитации на третьем уровне составил 12 000.

Результаты численного исследования, представленные средними значениями оцениваемых показателей по четырем моделям (значения столбцов 1 – 4 в последней строке табл. 2) показали, что при имитации разброса показателей «сужения» значения оцениваемых показателей сходятся в среднестатистическом смысле, т.е. результаты оценивания принадлежат трехсигмовой зоне $4380,21\pm 3\cdot 89$ $(4380,21\pm 267)$ оцениваемого показателя $OP(t_3)$.

Для оценки сходимости и точности оценивания по моделям [1-4] на втором уровне системы аудита осуществлялось численное исследование по аналогичной методике. Объем имитации на втором и первом уровне составил 30 000.

Таблица 2 – Результаты численных исследований (третий уровень, модели 1 – 4)

j, номер ансамбля реализаций	оценки показателя $OP(t_3)$, тыс. грн.				относительная ошибка оценивания $d(O\widehat{P}(t_3))$,%			
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4449,53	4297,89	4261,27	4485,41	0,0734	0,0067	0,0511	0,1575
2	4540,24	4387,68	4409,52	4543,35	0,0991	0,0240	0,1046	0,0757
3	4293,17	4477,70	4366,87	4483,68	0,0807	0,1617	0,0135	0,0013
4	4477,15	4210,12	4466,83	4220,08	0,0770	0,1169	0,0156	0,0257
…	…	..	….	…	…	…	…	…
27	4328,17	4295,10	4337,11	4336,96	0,1465	0,1119	0,1224	0,0087
28	4382,28	4396,45	4358,71	4349,43	0,1067	0,1255	0,1317	0,0730
29	4354,12	4483,89	4393,38	4523,54	0,0040	0,1527	0,0132	0,1226
30	4478,18	4356,09	4534,96	4446,18	0,0294	0,0560	0,1106	0,0930
Математическое ожидание	4380,95	4381,05	4381,11	4379,16	0,0812	0,0876	0,0853	0,0985

Для всех моделей относительная ошибка не превосходит 0,1% оценки по модели на первом уровне, 0,11% – на втором и 0,25% – на третьем, что согласно стандартам аудита является удовлетворительным для принятия решений по данным оценкам.

Выводы

Результаты численных исследований позволяют сделать вывод о возможности получать многовариантные качественные оценки показателей с помощью разработанных моделей оценивания и, следовательно, об их практической значимости, в частности, для наполнения базы знаний СППР информационной технологии «Аудит».

Литература

1. Криводубский О.А. Функциональные связи и структура АРМ аудитора / О.А. Криводубский, Т.В. Нескородева // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Харьков. – 2006. – Вып. 134. – С. 59-68.
2. Нескородева Т.В. Восстановление винеровского поля на плоскости по реализациям на участках двух монотонно неубывающих кривых / Т.В. Нескородева // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Математика, прикладна математика і механіка». – 2010. – № 922 – С. 32-42.
3. Нескородева Т.В. Математическое обеспечение автоматизированной системы принятия решений в аудите / Т.В. Нескородева // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 4 (16). – С. 71-75.
4. Нескородева Т.В. Модели поливариантного анализа базы знаний СППР в аудите / Т.В. Нескородева // Вісник Донецького національного університету. Серія А: Природничі науки. – 2011. – Вип. 1. – С. 168-172.
5. Нескородева Т.В. Інформаційна технологія СППР «Аудит» / Т.В. Нескородева // Вісник Донецького національного університету. Серія А: Природничі науки. – 2010. – Вип. 1. – С. 252-258.

Literatura

1. Krivodubskij O.A. Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i pribory avtomatiki. Har'kov. 2006. Vyp. 134. S. 59-68.

2. Neskorodeva T.V. Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo universitetu imeni V.N. Karazina. Serija "Matematyka, prikladna matematyka i mehanyka". 2010. № 922. S. 32-42.
3. Neskorodeva T.V. Radioelektronni i komp'juterni systemy. 2006. № 4 (16). S. 71-75.
4. Neskorodeva T.V. Visnyk Donec'kogo nacional'nogo universitetu. Serija A: Pyrodnychi nauky. 2011. Vyp. 1. S. 168-172.
5. Neskorodeva T.V. Visnyk Donec'kogo nacional'nogo universytetu. Serija A: Prirodnychi nauky. 2010. Vyp. 1. S. 252-258.

RESUME

T.V. Neskorodeva

Numerical Study of DSS «Audit»

To date, the development of audit is an actual development multivariate models, performance analysis of accounting and reporting for filling the knowledge base of decision-support systems (DSS) in the audit.

The aim of the work is to evaluate the efficiency and quality of stochastic models, an information technology DSS "Audit" when the set of analyzed parameters of the company are adequately described using the model of a Wiener field.

To perform the numerical investigation of model calculations according to the functional structure of information technology Decision Support Systems "Audit", the methodology is described and following tasks are solved on the example: selection of the scan area (total and by period), the statistical analysis of indicators, building a geometric representation of the parameters of the analyzed parameters, simulation and evaluation of models, analysis of the results of numerical studies.

As the example, the estimation of values of the "unobserved" deductions from income index for March, when the number of parameters "observed" indicators in the third level of accounting (cost of goods sold, gross income, deductions from income, the cost of short-term loans for the year, month sampling period) is a right triangle, the hypotenuse of which has a stepped appearance.

The results of numerical studies confirm the performance of multivariate models (the convergence of evaluations on models in an average sense) and the quality of evaluations, the accuracy of which meets the standards of audit.

Статья поступила в редакцию 04.06.2012.